



Source laser intense pour le refroidissement du 87Rb par doublement de fréquence d'un laser fibré télécom

Paul-Eric Pottie, Laurent Longchambon, Julien Delaporte, Rémi Desbuquois, Thomas Liennard, Vincent Lorent, Hélène Perrin

► To cite this version:

Paul-Eric Pottie, Laurent Longchambon, Julien Delaporte, Rémi Desbuquois, Thomas Liennard, et al.. Source laser intense pour le refroidissement du 87Rb par doublement de fréquence d'un laser fibré télécom. 2010. hal-00456218

HAL Id: hal-00456218

<https://hal.science/hal-00456218>

Preprint submitted on 12 Feb 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Source laser intense pour le refroidissement du ^{87}Rb par doublement de fréquence d'un laser fibré télécom

P.-E. Pottie*, L. Longchambon, J. Delaporte, R. Desbuquois, T. Liennard, V. Lorent, H. Perrin

Laboratoire de Physique des Lasers, CNRS / Université Paris Nord-13, Avenue J.-B. Clément, 93430 Villetaneuse

* pottie@univ-paris13.fr

Résumé : Nous avons construit un système laser pour le refroidissement du ^{87}Rb basé sur le doublement de fréquence en simple passage de sources laser fibrées télécom. Grâce aux développements technologiques intensifs dont elles ont bénéficié, ces sources puissantes possèdent d'excellentes caractéristiques en terme de stabilité d'intensité relative et de bande passante de modulation. L'efficacité accrue de doublement de fréquence des cristaux à retournement périodique nous a permis d'obtenir jusqu'à 1.8W à 780 nm à partir de 10 W à 1.56 μm en simple passage dans un cristal de ppLN :MgO. Cette technique peut être étendue au refroidissement du potassium (767 nm) [1] et à la réalisation de pièges dipolaires.

Mots-clés : Doublement de fréquence, atomes froids, sources laser.

1 Introduction

La technique de quasi-accord de phase par retournement périodique des propriétés non-linéaires dans certains cristaux présente l'avantage d'exploiter un élément unique, et le plus fort, du tenseur de susceptibilité diélectrique du matériau. L'accord de phase est réalisé sans angle entre les ondes fondamentale (pompe) et harmonique, éliminant le décalage spatial des deux ondes, même sur de grandes longueurs de propagation. Les rendements obtenus de quelques %/W avec ces types de cristaux sont bien supérieurs aux rendements des cristaux monolithiques usuels. Ces forts rendements ont permis d'atteindre des puissances de l'ordre du watt en régime impulsionnel et continu [3]-[7].

Pour un faisceau focalisé au centre d'un cristal non linéaire, en quasi-accord de phase, dans la limite des faibles efficacités (pas de déplétion de la pompe), et en négligeant les effets photoréfractifs et de lentille thermique, l'efficacité de doublement de fréquence, définie comme le rapport de la puissance doublée $P_{2\omega}$ au carré de la puissance de la pompe P_{ω} , s'écrit :

$$\frac{P_{2\omega}}{P_{\omega}^2} = \eta l_c d_{\text{eff}}^2 h \exp(-\alpha_{2\omega} l_c) \quad (1)$$

où η est un facteur de qualité dépendant de la longueur d'onde fondamentale et des indices extraordinaires du cristal, l_c la longueur du cristal, et d_{eff} est le coefficient effectif de doublement de fréquence. h est la fonction de focalisation de Boyd-Kleinman [8]. $\alpha_{2\omega}$ traduit les pertes linéaires à la fréquence harmonique.

2 Montage expérimental

Nous avons choisi un cristal de niobate de lithium dopé MgO à 5% produit par HCP Photonics, pour son fort coefficient non linéaire de 17.6pm/V[2]. Le cristal mesure $50 \times 3 \times 0.5$ mm. Il est maintenu dans les mâchoires d'un four à une température voisine de 89°C à 0.1°C près pour assurer le quasi-accord de phase aux deux longueurs d'onde.

Le laser pompe est une diode fibrée DFB FIBEL FOL15DCW, émettant plus de 1 mW à 1560 nm, saturant l'amplificateur en entrée. Le laser injecte un amplificateur fibré monomode à maintien de polarisation de 40 dB de gain (Kheopsys), saturant en sortie à 10 W. Le laser amplifié est collimaté en sortie par une lentille de focale 8 mm et traitée anti-reflet (A/R)) à 1560 nm, connectée à la fibre clivée droite de sortie de l'amplificateur. Le col de 725 microns est localisé 10 cm en arrière de la sortie de fibre. Le faisceau est ensuite focalisé au centre du cristal par une lentille de focale 100 mm, placée sur une platine de translation micrométrique. On obtient un col de 75 microns placé au centre du cristal, proche de l'optimum calculé par la fonction de Boyd-Kleinman [8]. Un miroir et une platine de micro-positionnement 5 axes permettent l'alignement de la pompe et de l'axe lent du cristal sur toute sa longueur, ainsi qu'un bon positionnement du col au centre du cristal. Une lentille traitée A/R à 780 nm fait l'image à l'infini de ce col. Le faisceau est diffracté à l'ordre 1 par un modulateur acousto-optique puis est injecté dans une fibre monomode à maintien de polarisation avec 90% d'efficacité.

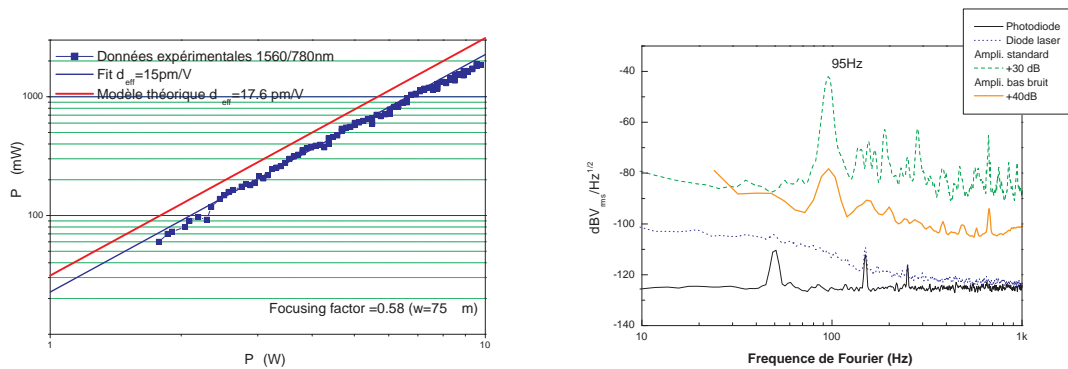


FIGURE 1 – (gauche) Puissance de sortie en fonction de la puissance de pompe. (droite) Spectre de bruit d'intensité du laser à 1560 nm.

3 Résultats expérimentaux

Nous avons obtenu à la sortie du laser doublé jusqu'à 1.8 W en continu à 10 W de puissance de pompe (Fig. 1 à gauche). En ajustant la courbe expérimentale par la formule (1), on obtient un coefficient non linéaire effectif $d_{\text{eff}} = 15 \text{ pm/V}$, légèrement en dessous de la valeur théorique. On a estimé la largeur en fréquence du laser pompe en faisant le batttement entre deux diodes lasers semblables à 1560 nm. La largeur du batttement est de 1.7 MHz. On en déduit la largeur en fréquence du laser à 780 nm, égale à 2.4 MHz. A l'aide d'un montage d'absorption saturée, nous avons asservi le laser doublé en fréquence sur une transition hyperfine de la raie D2 du rubidium, en rétro-agissant sur le courant de la diode à 1560 nm. Nous avons obtenu un piège magnéto-optique de 10^9 atomes, limité par la taille du col des faisceaux de refroidissement et par la pression de vapeur de rubidium dans l'enceinte. Cette source servira également à la réalisation d'un MOT-2D+[9].

Dans la perspective d'utiliser ce type de source pour la réalisation d'un piège dipolaire (pour le rubidium ou le potassium par exemple), nous avons caractérisé le bruit d'intensité du système laser par analyse de Fourier des fluctuations d'intensité aux bornes d'une photodiode en montage transimpédance, pour deux versions de l'amplificateur fibré. Nous avons mis en évidence l'existence d'un pic de bruit à 95 Hz et ses harmoniques impaires sur la version standard du fabricant, dû aux vibrations acoustiques des ventilateurs utilisés dans le chassis. Grâce à une collaboration avec le fabricant, une version bas bruit a été mise au point, réduisant fortement ce pic de bruit (Fig. 1, à droite). La variance des fluctuations relatives d'intensité à 10 W est de -72 dB sur la bande 1 Hz-102 kHz. La densité spectrale de bruit relatif d'intensité est inférieure à -110 dB/Hz à 10 W dans la bande 1-10 kHz. Pour un piège de fréquence d'oscillation 5 kHz, le taux de chauffage paramétrique correspondant est inférieur à $2.4 \times 10^{-3}/\text{s}$ [10]. Ces valeurs très faibles indiquent que le bruit d'intensité n'est pas limitant pour la réalisation de pièges dipolaires avec ce type de sources laser.

4 Remerciements

Le laboratoire de physique des Lasers est une unité mixte CNRS/Université Paris Nord (UMR 8538). Les auteurs remercient l'IFRAF et le PPF "Manipulation d'atomes froids par des lasers de puissance" pour leur soutien financier, et Olivier Lopez pour son aide précieuse et le prêt de matériel.

Références

- [1] Th. Bourdel, communication privée (2009).
- [2] L. E. Myers et al., J. Opt. Soc. Am. B **12**, pp. 2102 (1995).
- [3] I. Juwiler et A. Arie., Appl. Opt. **42**, pp. 7163 (2003).
- [4] Ch. Schwedes et al., Appl. Phys. B, **76**, pp. 143 (2003).
- [5] R. Thompson et al., Opt. Express **11**, pp. 1709 (2003).
- [6] R. Le Targat et al., Opt. Comm., **247** pp. 471 (2005).
- [7] Vyatkin et al., "proc. of CLEO", San Francisco, CA, USA, 16 - 21 May 2004, Piscataway, NJ, IEEE (2004).
- [8] G.D. Boyd and D.A. Kleinman, J. Appl. Phys., pp. 3597-3639 (1968).
- [9] R. S. Conroy et al., Optics Comm. **26**, pp. 259 (2003)
- [10] T.A. Savard, K. M. O'Hara, and J. E. Thomas, Phys. Rev. A, **56**, R1095 (1997)